

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-074049

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

F16C 32/04

(21)Application number : 11-253184

(71)Applicant : EBARA CORP

EBARA DENSAN LTD

(22)Date of filing : 07.09.1999

(72)Inventor : IBARADA TOSHIMITSU

OYAMA ATSUSHI

NAKAZAWA TOSHIHARU

## (54) MAGNETIC BEARING SYSTEM

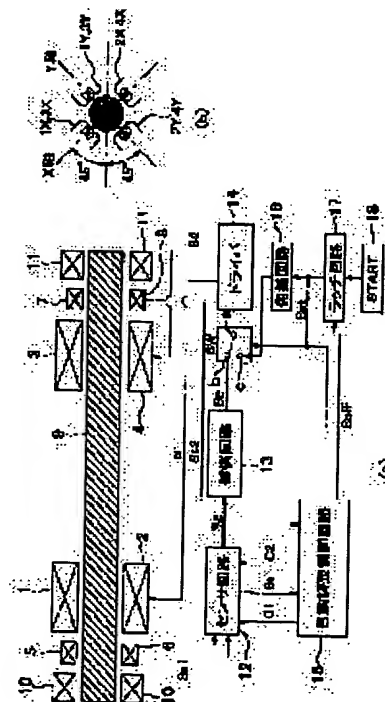
### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic bearing system easy to adjust a set value of a levitation control position of a levitation support body and capable of easily detecting deformation and abrasion of an auxiliary supporter for the levitation support body.

**SOLUTION:** The maximum and the minimum values of a positional displacement detection signal to be detected by positional displacement sensors 5, 6, 7 8 are detected by mechanically moving the maximum region of a levitation support body 9 between pairs of

electromagnets 1 and 2, and 3 and 4 by sequentially exciting the facing electromagnets 1 and 2, and 3 and 4 on a magnetic bearing system to levitate, support and control the levitation support body 9 at an optional

position between the facing electromagnets 1 and 2, and 3 and 4. An output adjusting part to adjust an offset correction part means so that a central value of the positional displacement detection signal shows a position to support the levitation support body 9 between pairs of the electromagnets 1 and 2, and 3 and 4 by outputting an adjusting command value to the offset correction means so as to show the position to levitate and support the levitation support body 9 after the central value of these maximum and minimum values passes the offset correction



means.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-74049

(P2001-74049A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int. Cl.

F 1 6 C 32/04

識別記号

F I

F 1 6 C 32/04

ページ数 (参考)

A 3 J 1 0 2

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-253184

(22) 出願日 平成11年9月7日 (1999.9.7)

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(71) 出願人 000140111

株式会社荏原電産

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 栗田 敏光

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社

荏原電産内

(74) 代理人 100087066

弁理士 熊谷 隆 (外1名)

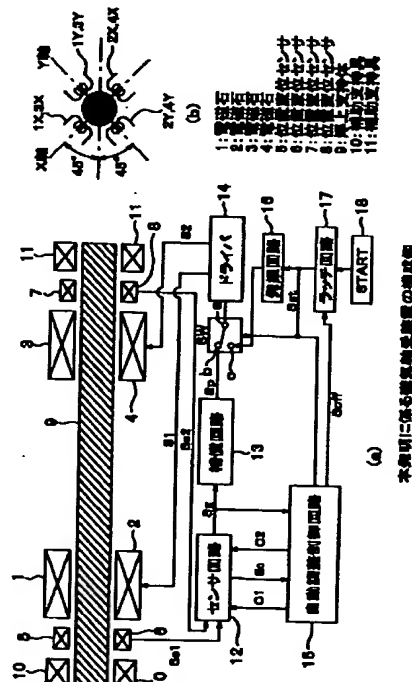
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気軸受装置

(57) 【要約】

【課題】 浮上支持体の浮上制御位置の設定値を調整することが容易で、且つ浮上支持体に対する補助支持具の変形、摩耗を容易に検出できる磁気軸受装置を提供すること。

【解決手段】 対向する電磁石1と2及び3と4間の任意の位置に浮上支持体9を浮上支持制御する磁気軸受装置において、対向する電磁石1と2及び3と4を順次励磁することで、浮上支持体9を該一对の電磁石1と2及び3と4間で機械的に最大領域を移動させ、位置変位センサ5、6、7、8で検出される位置変位検出信号の最大最小値を検出し、該最大最小値の中心値がオフセット補正手段を通過後、該浮上支持体9を浮上支持したい位置を示すよう、該オフセット補正手段へ調整指令値を出力し、該浮上支持体が機械的に移動可能な最大領域に対する位置変位検出信号の中心値が該一对の電磁石1と2及び3と4間で該浮上支持体9を支持したい位置を示すようオフセット補正手段の出力を調整する出力調整部を備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 相対向する一対の電磁石と、該対向する電磁石間に位置する制御対象となる磁化可能な浮上支持体と、該浮上支持体の位置変位を位置変位センサと、オフセット補正手段と位置補償手段及び前記電磁石に電流を流すドライバを有する制御回路を具備し、前記位置変位センサで検出した位置変位検出信号を該制御回路に入力し得られる制御電流出力をもって、該対向する電磁石の磁気吸引力或いは磁気反発力を制御することにより、該対向する電磁石間に在る該浮上支持体を該対向する一対の電磁石間の任意の位置に非接触で浮上支持制御する磁気軸受装置において、

前記対向する電磁石を順次励磁することで、前記浮上支持体を該一対の電磁石間で機械的に移動可能な最大領域を移動させ、前記位置変位センサで検出される位置変位検出信号の最大最小値を検出し、該最大最小値の中心値が前記オフセット補正手段を通過後、該浮上支持体を浮上支持したい位置を示すよう、該オフセット補正手段へ調整指令値を出力し、該浮上支持体が機械的に移動可能な最大領域に対する位置変位検出信号の中心値が該一対の電磁石間で該浮上支持体を支持したい位置を示すよう前記オフセット補正手段の出力を調整する出力調整部を備えたことを特徴とする磁気軸受装置。

【請求項2】 請求項1に記載の磁気軸受装置において、

前記対向する電磁石を順次励磁し、前記浮上支持体を該電磁石間で機械的に移動可能な最大範囲に移動させ、前記位置変位検出信号の最大最小値を検出し、前記オフセット補正手段に対する出力調整の決定、前記出力調整部の出力開始までに至る一連の補正動作を、人の作業による手動操作手段と、自動制御により実施する自動操作手段のいずれも選択可能としたことを特徴とする磁気軸受装置。

【請求項3】 請求項1に記載の磁気軸受装置において、

前記対向する電磁石を順次励磁し、前記浮上支持体を該電磁石間で機械的に移動可能な最大範囲に移動させた場合、前記位置変位検出信号の最大最小の変化量を監視することで、該浮上支持体の移動範囲を規制している補助支持具の変形、摩耗を検知する手段を設けたことを特徴とする磁気軸受装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、制御対象となる浮上支持体を電磁石により発生する磁力の磁気吸引力或いは磁気反発力を利用して、任意の位置に非接触で浮上支持体を浮上制御する磁気軸受装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】図1は従来の磁気軸受装置の構成例を示す図である。図示するように、制御対象となる磁化可能

な浮上支持体105と、該浮上支持体105を浮上支持するため必要な磁力を発生する電磁石101、102と、浮上支持体105の位置変位を検出するための位置変位センサ103、104を具備し、浮上支持体105は電磁石101及び位置変位センサ103と電磁石102及び位置変位センサ104の間にある。

【0003】浮上支持体105は、電磁石101、102から発する電磁力により磁気吸引力或いは磁気反発力の作用を受け、更に電磁石101、102から発する電磁力は位置変位センサ103、104で検出された位置変位検出信号と制御回路部111にて補償制御され、電磁石101、102には浮上支持体105を浮上支持する電磁力を発生する。制御回路部111はセンサ回路110、補償回路108及びドライバ109から構成され、センサ回路110はオフセット補正部106及びセンサゲイン調整部107から構成される。

【0004】位置変位センサ103、104で検出された浮上支持体105の位置変位検出信号は、浮上支持体105が電磁石101、102間で所定の位置に浮上支持されるようセンサ回路110の中で予め設定された閾値に対する位置変位検出信号の差動出力を該センサ回路110、補償回路108、ドライバ109により構成される制御回路部111で補償され電磁石101、102に出力される。

【0005】上記閾値は、通常浮上支持体105が上記一対の電磁石101、102の間で浮上可能な範囲の中心に位置したときに、位置変位センサ103、104が出力する位置変位検出信号と概略一致するように設定することで、該閾値と位置変位検出信号との差動出力が最小になるように一対の電磁石101、102によって制御対象である浮上支持体105を浮上制御する。

【0006】上記従来の技術では、上記閾値を設定するために浮上支持体105を一対の電磁石101、102の間で人手で、若しくは電磁石101、102の力で機械的に移動可能な最大領域を移動させ、このとき得られる位置変位センサ103、104の位置変位検出信号の最大・最小値からオフセット補正部106にて位置変位検出信号の中心値を算出し、この値を閾値、つまり零点として設定していた。

【0007】上記のように浮上支持体105を機械的に移動可能な最大領域を移動させたい場合、例えば非常に大型の磁気軸受装置や非常に長尺の磁気軸受装置や制御対象物である場合に浮上支持体に接触できない場合など、人手による浮上支持体の移動作業は事実上不可能である。

【0008】また、電磁石101、102の磁気力で浮上位置の調整を行うときでも、機械的寸法誤差や位置変位センサ個別のばらつきにより、製品個々の制御対象物の浮上位置を検知する位置変位センサの出力特性に再現性がない場合や、該磁気軸受装置のメンテナンス時等、

磁気軸受機構部と磁気軸受制御部のいずれかを交換するような事由が発生した場合など、磁気軸受機構部内の浮上支持体105の浮上位置を新たな組み合わせで使用する磁気軸受制御部内の制御回路によってその都度調整する必要があった。

【0009】更に、浮上支持体105が浮上停止中、若しくは浮上制御に異常が発生した場合に接触支持する補助支持具について、補助支持具に変形、摩耗などが発生し補助支持具（補助ベアリング）自体の機能を果たすことができない故障を、磁気軸受機構部が組み立てられたままの状態では検知できなかった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、浮上支持体の浮上制御位置の設定値を調整することが容易で、且つ浮上支持体に対する補助支持具の変形、摩耗を容易に検出できる磁気軸受装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため請求項1に記載の発明は、相対向する一対の電磁石と、該対向する電磁石間に位置する制御対象となる磁化可能な浮上支持体と、該浮上支持体の位置変位を位置変位センサと、オフセット補正手段と位置補償手段及び電磁石に電流を流すドライバを有する制御回路を具備し、位置変位センサで検出した位置変位検出信号を該制御回路に入力し得られる制御電流出力をもって、該対向する電磁石の磁気吸引力或いは磁気反発力を制御することにより、該対向する電磁石間に在る該浮上支持体を該対向する一対の電磁石間の任意の位置に非接触で浮上支持制御する磁気軸受装置において、対向する電磁石を順次励磁することで、浮上支持体を該一対の電磁石間で機械的に移動可能な最大領域を移動させ、位置変位センサで検出される位置変位検出信号の最大最小値を検出し、該最大最小値の中心値が前記オフセット補正手段を通過後、該浮上支持体を浮上支持したい位置を示すよう、該オフセット補正手段へ調整指令値を出力し、該浮上支持体が機械的に移動可能な最大領域に対する位置変位検出信号の中心値が該一対の電磁石間で該浮上支持体を支持したい位置を示すようオフセット補正部手段の出力を調整する出力調整部を備えたことを特徴とする。

【0012】また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の磁気軸受装置において、対向する電磁石を順次励磁し、浮上支持体を該電磁石間で機械的に移動可能な最大範囲に移動させ、位置変位検出信号の最大最小値を検出し、オフセット補正手段に対する出力調整の決定、出力調整部の出力開始までに至る一連の補正動作を、人の作業による手動操作手段と、自動制御により実施する自動操作手段のいずれも選択可能なことを特徴とする。

【0013】また、請求項3に記載の発明は請求項1に記載の磁気軸受装置において、対向する電磁石を順次励

磁し、浮上支持体を該電磁石間で機械的に移動可能な最大範囲に移動させた場合、位置変位検出信号の最大最小の変化量を監視することで、該浮上支持体の移動範囲を規制している補助支持具の変形、摩耗を検知する手段を設けたことを特徴とする。

【0014】上記のように相対向する電磁石を順次個別に励磁することで、該浮上支持体を該一対の電磁石間で機械的に移動可能な最大領域で移動させ、位置変位センサで検出される位置変位検出信号の最大最小値を検出し、中心値を算出し、該位置変位検出信号の中心値と、浮上支持体の浮上位置を決定する閾値とを比較し、位置変位検出信号の中心値と閾値の差動出力が概ね“0”になるようにオフセット補正手段に対して調整信号を加減入力し調整するという方法を用いれば、非常に大型の磁気軸受装置や非常に長尺の磁気軸受装置や制御対象物である浮上支持体に接触できない等の場合でも、所定の位置に浮上支持することが可能となる。

【0015】また、機械的寸法誤差や位置変位センサの個別のばらつきにより、製品個々で制御対象物の浮上位置と位置変位センサの出力特性に再現性がない場合や、一度位置変位センサの調整を行った浮上支持体を有する機械的構造物と浮上支持体を浮上制御する制御回路を有する磁気軸受制御部において、個々の部品を交換する必要があった場合に、再び初期調整が必要であっても、本発明によれば、センサ調整に必要な時間を短縮でき、作業者の負担を減らすことができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態例を図面に基いて説明する。図2は本発明に係る磁気軸受装置の構成例を示す図であり、図2(a)は全体構成を、図2(b)は磁気軸受を構成するX軸方向とY軸方向の電磁石の配置の状態を示す図である。また、図3は図2のセンサ回路の詳細を示す図で、図4は電磁石吸引力による浮上支持体にかかるベクトルを示す図である。なお、図3では説明の簡略化のため、位置変位検出信号Ss1のみについて示す。

【0017】図2に示す構成の磁気軸受装置は、制御対象物である浮上支持体9を浮上支持するための電磁石1、2、3、4と、浮上支持体9の位置を検出する位置変位センサ5、6、7、8と、電磁石1、2、3、4で浮上制御していないときの補助支持手段である補助支持具（補助ベアリング）10、11で構成されている。位置変位センサ5、6の位置変位検出信号Ss1或いは位置変位センサ7、8の位置変位検出信号Ss2はセンサ回路12のオフセット補正部19、センサゲイン調整部20により補正された変位センサ出力Sgを出力し、補償回路13で補償され信号Spをドライバ14に入力することで電磁石1、2及び電磁石3、4に相応の電流を流し、該電磁石1、2及び電磁石3、4の吸引力で浮上支持体9を安定浮上させるフィードバック制御が行われ

る。

【0018】上記構成の磁気軸受装置において、浮上位置調整作業は、浮上支持体9を浮上制御しない状態で、補償回路13とドライバ14は切替器SWによって遮断され、更にドライバ14に発振回路16が接続された状態で実施する。この切り替え作業の後、浮上支持体9が補助支持具10、11に接触するのに十分な大きさの電磁力を電磁石1、2、3、4に発生させるため、ドライバ14に発振回路16によって疑似信号を入力する。

【0019】上記ドライバ14に疑似信号が入力されたとき、例えば、図2(b)に示すX軸上に配置された電磁石1X、3X、2X、4Xに正弦波信号を、Y軸上に配置された電磁石1Y、3Y、2Y、4Yにこの正弦波信号から90度位相が進んだ、又は遅れた信号を入力した場合、制御対象である浮上支持体9にかかる電磁石吸引力のベクトルfは一定の周期、つまりこの正弦波信号の周波数に相応する周期で磁気軸受機構内を回転し、浮上支持体9は、補助支持具10、11に沿って動く。

【0020】この間オフセット補正部19のオフセット補正出力S<sub>0</sub>を自動調整制御回路15にて検出し、最大値、最小値の絶対値が等しくなるようにオフセット調整指令値C1をオフセット補正部19に出力することで、補助支持具10、11の中心と浮上支持体9の浮上目標値を一致させることができる。この作業をオフセット補正と呼ぶことにする。

【0021】次に、センサゲイン調整部20のゲイン調整出力S<sub>g</sub>を自動調整制御回路15に取り込み、このゲイン調整出力S<sub>g</sub>の絶対値があらかじめ設定された大きさになるようにゲイン調整指令C2をセンサゲイン調整部20に出力し調整することで、設定されたセンサ感度を30得る。この作業をセンサゲイン調整と呼ぶことにする。

【0022】上記オフセット補正及びセンサゲイン調整の後、オフセット調整指令値C1に任意の値を加算又は減算し、オフセット補正部19に出力することにより、任意浮上目標値で浮上制御できる。この一連の作業を浮上位置調整と呼ぶことにする。

【0023】上記浮上位置調整の一連の流れを自動化するため、センサ調整スタート信号Sstを出力する調整スタートボタン18を設け、ラッチ回路17によりセンサ調整スタート信号Sstを保持し、該センサ調整スタート信号Sstを切替器SWに出力することにより、接点aと接点cを閉じ、それと同時にドライバ14に正弦波信号と該正弦波信号から90度進むか又は遅れた信号を出力し、自動調整制御回路15に調整をスタートさせる。

【0024】図5は自動調整制御回路15の自動調整制御手順のフローを示す図である。図示するように、センサ調整スタート信号SstがONになったら先ず上記オフセット補正を行い(ステップST1)、次にセンサゲイン調整を行い(ステップST2)、続いて浮上位置調整

を行い(ステップST3)、センサ調整スタート信号SstをOFFとする(ステップST4)。

【0025】また、上記センサゲイン調整が終了すると、自動調整制御回路15はセンサゲイン調整を停止し、ラッチ回路17にセンサ調整ストップ信号Soffを出力し、センサ調整スタート信号Sstをオフさせ、発振回路16の発振を停止し、切替器SW1の接点aと接点bを閉じることにより浮上制御を開始する。

【0026】更に、この浮上位置調整を行う工程で得られる浮上支持体9の移動可能範囲は、磁気軸受装置内の補助支持具10、11の内側寸法に規制されているため、一連の計測によって測定される位置変位検出信号の最大変位量は該補助支持具10、11の内側寸法を示すことになる。

【0027】今、磁気浮上制御停止中に浮上支持体を支持する補助支持具10、11が破損又は摩耗した場合、補助支持具10、11が正規の状態に得られる位置変位センサ5、6、7、8の位置変位検出信号の最大値と比較すると、位置変位検出信号が変化するため、この変化量を予め任意の範囲で設定し、この設定値を越えて変化量が発生した場合に警報を出すことが可能となる。

【0028】上記のように浮上支持体9を電磁石1、2、3、4によって移動可能な範囲を機械的に移動させ、この時得られる位置変位センサ5、6、7、8の最大最小信号値をもとに、浮上支持体9の浮上目標位置を決定する一連の作業を自動若しくは手動による設定動作指令に基づき実行させることで、磁気軸受装置の初期設定を自動で行うことが可能となる。また、この一連の設定作業中に得られる位置変位検出信号の最大変化量によって磁気軸受装置を構成する補助支持具10、11の変形・摩耗を検出することが可能となる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように各請求項に記載の発明によれば、下記のような優れた効果が得られる。

【0030】(1) 浮上支持体を電磁石によって移動可能な範囲に機械的に移動させ、この時得られる位置変位センサの最大最小信号値をもとに、浮上支持体の浮上目標位置を決定する一連の作業を自動若しくは手動による設定動作指令に基づき実行させることで、磁気軸受装置の初期設定を自動で行うことが可能となる。

【0031】(2) 請求項3に記載の発明によれば、上記(1)の効果に加え、この一連の設定作業中に得られる位置変位検出信号の最大変化量によって磁気軸受装置を構成する補助支持具の変形・摩耗を検出することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の磁気軸受装置の構成例を示す図である。

【図2】本発明に係る磁気軸受装置の構成例を示す図で、図2(a)は全体構成を、図2(b)は磁気軸受を構成するX軸方向とY軸方向の電磁石の配置の状態を示

7

す図である。

【図3】図2のセンサ回路の詳細を示す図である。

【図4】電磁石吸引力による浮上支持体にかかるベクトルを示す図である。

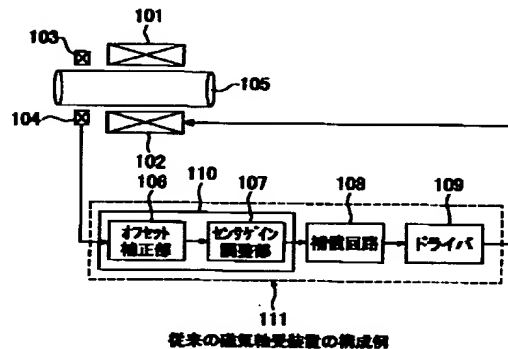
【図5】自動調整制御回路の自動調整制御手順のフローを示す図である。

【符号の説明】

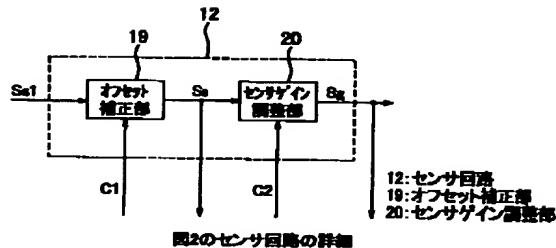
- 1 電磁石  
2 電磁石  
3 電磁石  
4 電磁石  
5 位置変位センサ  
6 位置変位センサ  
7 位置変位センサ

- 8 位置変位センサ  
9 浮上支持体  
10 補助支持具  
11 補助支持具  
12 センサ回路  
13 補償回路  
14 ドライバ  
15 自動調整制御回路  
16 発振回路  
10 17 ラッチ回路  
18 調整スタートボタン  
19 オフセット補正部  
20 センサゲイン調整部

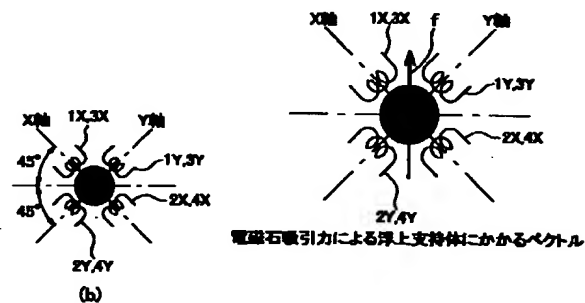
【図1】



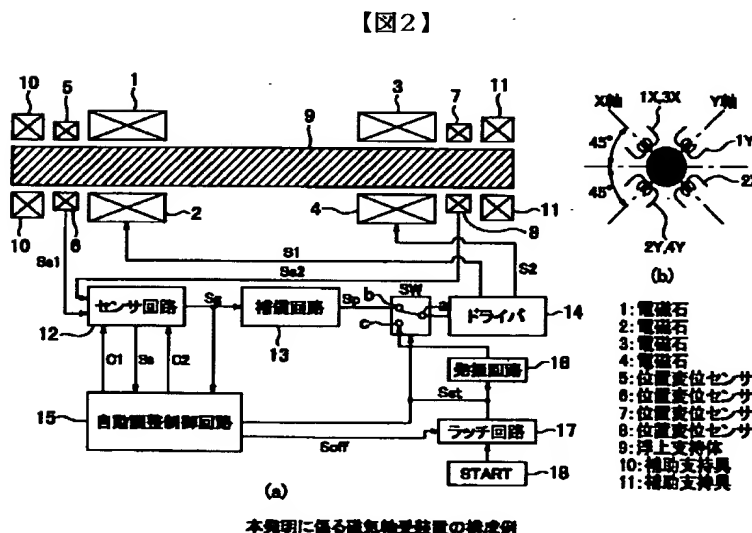
【図3】



【図4】



【図5】



本発明に係る磁気軸受装置の構成例

自動調整制御回路の自動調整制御手順のフロー

フロントページの続き

(72)発明者 大山 敦  
東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社  
荏原電産内

(72)発明者 中澤 敏治  
東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社  
荏原電産内

Fターム(参考) 3J102 AA01 BA03 BA17 CA14 DA03  
DA09 DB05 DB10 DB37